Band 9 Heft 9—10. August 1923.

BEITRÄGE
zur Kunde Estlands.

Herausgegeben von der Estländ. Literärischen Gesellschaft in Reval.

Prof. W. Zoege von Manteuffel

Prof. Mag. Fr. Dreyer Schriftleiter: Henry von Winkler

Druck und Verlag der Estl. Druckerei-Aktien-Gesellschaft in Reval.

Inhalt von Heft 9—10:

An die Mitarbeiter der „Beiträge zur Kunde Estlands".

Wir bitten unsere verehrten Mitarbeiter, bei ihren Einsendungen keine Fremdwörter zu gebrauchen für das, was gut deutsch ausgedrückt werden kann. Wir behalten uns das Recht vor, in den uns zum Abdruck übersandten Berichten oder Abhandlungen entbehrliche Fremdwörter durch deutsche Ausdrücke zu ersetzen.

Für die Schreibweise sind das „Orthographische Wörterbuch der deutschen Sprache" von Duden, sowie die „Verdeutschungsbücher des Allgemeinen Deutschen Sprachvereins" (insbesondere III. Umgangssprache, V. Amtssprache und VIII. Heilkunde) **allein** massgebend.

Die Herausgeber.

Alle auf den Inhalt der Zeitschrift bezüglichen Mitteilungen, Handschriften, Druckberichtigungen, Bücher und Schriften sind an die Gehilfen des Hauptschriftleiters: Henry v. Winkler-Reval, Neuer Boulevard 9 oder Prof. Mag. Fr. Dreyer, Reval-Nömme einzusenden.

Wegen geschäftlicher Mitteilungen, **Bestellungen,** Zahlungen, Anschriften-Veränderungen usw. wolle man sich wenden an den Verlag: Reval, Raderstrasse 12, Estl. Druckerei-A.-G., innerhalb Deutschlands an die Ostbuchhandlung und Verlag Georg Neuner, Berlin W. 30, Motz-Strasse 22.

Alleinannahme von Inseraten: Büro IRA Reval, Rathausplatz 13.

Bezugspreis: Für das Inland 300 Emk. pro Band; 75—150 Emk. pro Heft.

„ „ Ausland 85 amer. Cents.

Mitgliedern der Estl. Lit. Gesellschaft und korrespondierenden wissenschaftlichen Vereinen sind Vorzugspreise (für den Bezug durch ihre Kassenwarte) eingeräumt.

Zahlungen aufs Konto der „Beiträge" empfängt die Dorpater Bank und ihre Zweigstellen.

Der 9. Band umfasst 4—8 Doppelhefte.

BEITRÄGE ZUR KUNDE ESTLANDS

HERAUSGEGEBEN VON DER ESTLÄNDISCHEN
- - LITERÄRISCHEN GESELLSCHAFT - -

PROF. W. ZOEGE VON MANTEUFFEL
PROF. MAG. FR. DREYER
HENRY VON WINKLER
SCHRIFTLEITER.

BAND 9 HEFT 1—10.

DRUCK UND VERLAG DER ESTLÄNDISCHEN DRUCKEREI-A.-G., REVAL
1923.

Naturwissenschaften.

Radioaktivitätsmessungen am estländischen Heilschlamm.

Von

F. Dreyer und M. Kand.

I. Einleitung.

Die Radioaktivität des estländischen Heilschlammes ist bisher wenig bekannt. In der Literatur finden sich nur Angaben von Prof. J. Borgmann[1]), der den Schlamm von Arensburg und Pernau radioaktiv fand. Da es sich um eine verhältnißmäßig geringe Aktivität handelt, so nimmt es nicht wunder, daß sporadisch von verschiedenen Forschern angestellte Prüfungen von Arensburger und Hapsaler Schlamm keine eindeutigen Resultate gezeigt haben und eine Veröffentlichung derselben nicht stattgefunden hat.

Die mehr qualitativen Feststellungen von Prof. J. Borgmann können gegenwärtig nicht mehr befriedigen, seit dem durch zahlreiche Forschungen[2]) nachgewiesen ist, daß die meisten Naturstoffe eine gewisse Radioaktivität besitzen, und seitdem man gelernt hat, die beobachtete Aktivität auf Wirkung von Gliedern der Radium- oder Thoriumfamilie zurückzuführen. Bei der Bedeutung, welche dem einheimischen Heilschlamm über die Landesgrenzen hinaus zukommt, liegt für eine eingehendere Untersuchung desselben mit zeitgemäßen Hilfsmitteln und nach modernen Gesichtspunkten ein Bedürfnis vor. In vorliegender Arbeit sind zahlenmäßige Angaben der Radioaktivität für Heilschlammproben verschiedener Fundorte gegeben; in einem Falle sind auch Daten über die Natur der Strahlung beigebracht.

---

[1]) И. И. Боргманъ, Изслѣдованіе нѣкоторыхъ русскихъ цѣлебныхъ грязей въ отношеніи радіоактивности. Ж. Р. Ф.-Х. О., физ. ч. **36,** 182 — 204 (1904). И. И. Боргманъ, Радіоактивность нѣкоторыхъ русскихъ цѣлебныхъ грязей. Ж. Р. Ф.-Х. О., физ. ч. **37,** 63 — 76 (1905).

[2]) Vgl. z. B. die Zusammenstellungen in P. Curie, Die Radioaktivität, Bd. II, S. 500 — 512 (1912); A. Gockel, Die Radioaktivität von Boden und Quellen, Sammlung Vieweg, H. 5 (1914); Über die Radioaktivität natürlicher Heilmittel vgl. z. B.: В. Л. Бертенсонъ, Радіоактивность въ лѣчебныхъ водахъ и грязяхъ. С.-ПБ. 1914.

Die Experimente sind teils an den Fundorten, teils im estländischen Staatszentral-Laboratorium ausgeführt worden.

II. Die Untersuchungsmethoden.

Frühere Untersuchungen der Radioaktivität von Schlämmen, Quellsedimenten, Bodenproben u. dergl. sind meistens nach der X-Strahlenmethode, der Schüttelmethode und seltener nach der Emanationsmessungsmethode angestellt worden.

Soweit uns die Literatur zugänglich war, finden wir, daß der Rohschlamm höchst selten in seinem natürlichen Zustande untersucht worden ist: meist wurde er zuvor getrocknet, bisweilen sogar geglüht. Bei solcher Behandlung entzieht sich natürlich eine ursprünglich in Lösung befindliche Emanation der Messung. Nach der Schüttelmethode könnte sie nachgewiesen werden, und auch sonst bietet gerade bei Messungen am Fundort die Schüttelmethode Vorzüge, welche den anderen Methoden abgehen. Es galt aber vorerst Klarheit zu schaffen, ob die Schüttelmethode in ihrer einfachsten Form, etwa wie sie von H. W. Schmidt[1]) oder von C. Engler und M. Sieveking[2]) zur Prüfung von Quellwasser empfohlen wird, auf Schlamm oder eine Mischung von Schlamm und inaktivem Wasser angewandt werden kann. In dieser Frage sind die Meinungen geteilt. So findet Hemilian[3]) bei der Untersuchung von Fango und einigen südrussischen Heilschlämmen, daß nach der Schüttelmethode mit Naturschlamm bedeutend höhere Werte, als beim Prüfen der Trockensubstanz erhalten werden; hierbei geht jedoch das Abklingen bedeutend schneller vor sich, als der Radiumemanation entspricht, dagegen ist aber bei wiederholtem Schütteln immer wieder aufs neue eine Jonisation nachweisbar, und diese, sozusagen „regenerierte“ Jonisation nimmt mit der Zeit recht langsam ab. Hemilian führt diese Regeneriererscheinungen auf die Eigenschaft der rohen natürlichen Schlämme zurück durch ihre Kolloidstoffe „radioaktive Strahlungen zu absorbieren“. Er stützt sich hierin auf die Feststellungen von Boltwood und A. Sokolow, daß aus verschiedenen Stoffen bei Aufhebung des Kolloidzustandes (durch Kochen oder Koagulieren vermittels Säuren) sich radioaktive Gase ausscheiden. Im Gegensatz zu Hemilian bestreitet A. Sokolow[4]) die Möglichkeit einen mit den Gasen eines natürlichen Heilschlammes beladenen Luftstrom im Zerstreuungsgefäß auf Jonisation untersuchen zu können; durch den reichlich entweichenden Schwefelwasserstoff werde der Apparat „verdorben“.

A priori ist die Befürchtung nicht von der Hand zu weisen, daß die Jonenentladung durch Bildung einer Metallsulfidschicht auf dem

---

[1]) Phys. ZS. 6, 561 — 566 (1905).

[2]) Phys. ZS. 6, 700 (1905).

[3]) Vgl. Бертенсонъ, l. c., S. 58 — 60.

[4]) А. П. Соколовъ, Радіоактивность нѣкоторыхъ русскихъ минеральныхъ водъ, грязей и почвъ. Ж. П. Ф. - Х. О., физ. ч. 37, 135 (1905)

andauernd mit H_2S in Berührung stehenden eisernen Zerstreuungsstift der Entladungskammer verzögert wird, und der Apparat also mit der Zeit seine Empfindlichkeit einbüßt. Durch Parallelversuche mit bereits schwarz angelaufenem und frisch geschmirgeltem Zerstreuungsstift konnte die Grundlosigkeit dieser Befürchtung nachgewiesen werden.

Es war noch ein anderes Bedenken zu beseitigen. Bekanntlich zeitigen so manche Oxydationsvorgänge und andere chemische Reaktionen Aktivierung der Luft, die in der Zerstreuungskammer eines Elektroskops ähnliche Entladungen verursachen, wie die radioaktive Strahlung; liegen beim Rohschlamm nicht ähnliche Reaktionen vor, verursacht nicht etwa der Schwefelwasserstoff oder die fortschreitende Verwesung der organischen Bestandteile des Schlammes eine in Betracht zu ziehende Aktivierung der Luft? Direkte Versuche haben gezeigt, daß auch diese Befürchtung gegenstandslos ist. Wir haben im Universalapparat von H. W. Schmidt nacheinander den mittleren Voltabfall in 1 Sekunde für: a) Leitungswasser, b) mit H_2S gesättigtes Leitungswasser und c) in letzterer Lösung aufgeschwemmte Gartenerde gemessen; es ergab sich (Versuche Nr. 245—247): a) 2,70 mv/sec; b) 2,63 m/v sec; c) 1,95 mv/sec.

Somit steht unseres Erachtens einer Anwendung der Schüttelmethode auf mit Wasser versetzte Schlammproben wenigstens bei orientierenden Versuchen nichts im Wege.

Bei unseren Untersuchungen haben wir den Universalapparat von H. W. Schmidt benutzt. Wir haben uns im wesentlichen an die von dem genannten Forscher gegebene Anweisung für Untersuchung von Quellwasser gehalten. Meist taten wir in die Schüttelkanne eine Mischung von 250 ccm Schlamm und 250 ccm möglichst inaktivem Wasser, dessen Aktivität durch einen Vorversuch ermittelt worden war. Im Laufe der Untersuchungen erwies es sich als nützlich durch Einschaltung eines Kugelrohrs mit Wattebausch in die Schlauchleitung des Zirkulationsgebläses dem Eindringen von Staubteilchen in die Zerstreuungskammer vorzubeugen, da Staub bekanntlich bei Radioaktivitätsmessungen die Resultate sehr ungünstig beeinflussen kann.[1])

Die Messungsergebnisse sind in Macheeinheiten für 1 Liter Naturschlamm berechnet, und zwar wurde nach Abzug des Zerstreuungswertes des benutzten Verdünnungswassers auf die Aktivität zu Anfang des Durchblasens graphisch extrapoliert. In den meisten Fällen wurde hierbei als Ordinate der Logarithmus des Voltabfalls in der Zeiteinheit, und nicht der Wert des Voltabfalls gewählt; sofern es sich um Entladung durch eine einzige Art von Strahlung handelt, liegen die Punkte auf einer Geraden, und die Extrapolation ist viel genauer ausführbar, als längs einer Kurve.

---

[1]) P. Curie, Die Radioaktivität, B. I, S. 341. Leipzig 1912.

Versuch Nr. 26.

Verdünnungswasser.

Skalenteile	Zeit	Spannung (nach der Eichtabelle)	Spannungsabfall
9,00	0 Min. 00 Sek.	297,0 Volt	
8,18	10 Min. 00 Sek.	291,9 „	5,1 Volt

Abfall in 1 Sekunde („natürliche“ Zerstreuung) 8,5 Millivolt.

Versuch Nr. 29.

250 ccm Schlamm aus der Hapsaler kleinen Wiek + 250 ccm Verdünnungswasser.

Skalenteile a	Abgelesene Zeit b	Zwischen-Zeiten in Sekunden c	Spannungsabfall nach Eichtabelle in Volts d	Mittlere Zeit seit Einblasen der Emanation f Minuten	Zerstreuung in Millivolt/Sek. ohne Abzug der natürlichen Zerstreuung g	Zerstreuung in Millivolt/Sek. mit Abzug der natürlichen Zerstreuung h	lg h
9,5	2 Min. 37 S.	68	3,0	3,0	44,1	35,6	1.551
9,0	3 „ 35 „	148	6,2	4,8	41,7	33,2	1.524
8,0	6 „ 03 „	169	6,2	7,5	36,7	28,2	1.449
7,0	8 „ 52 „	190	6,2	10,5	32,6	24,1	1.382
6,0	12 „ 02 „	209	6,1	13,8	29,2	20,7	1.316
5,0	15 „ 31 „	251	6,0	17,6	23,8	15,3	1.185
4,0	19 „ 42 „	145	3,0	21,9	20,7	12,2	1.086
3,5	22 „ 07 „						

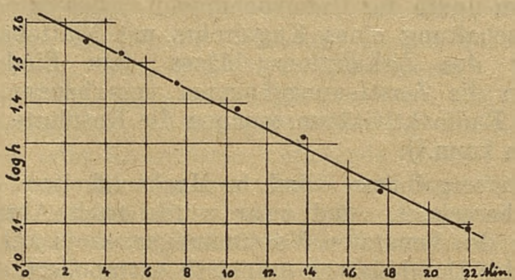


Fig. 1

Die graphische Extrapolation (Fig. 1) ergibt für f = o den Wert log h = 1.635, oder h = 43 Millivolt-Sekunde. Dieser Zerstreuungswert ist von dem Teile der Emanation verursacht, der vermittels des Gebläses in die Zerstreuungskammer hinübergetrieben ist. Um die Zerstreuung auf die gesamte in 1 Liter Schlamm-Wassermischung enthaltende Emanation zu beziehen, ist der oben errechnete Wert mit einem Korrektionsfaktor zu multiplizieren, welcher der Vertei-

lung der Emanation in die Zerstreuungskammer und ihrer teilweisen Absorption in Wasser Rechnung trägt. Der Korrektionsfaktor a beträgt:

$$a = \frac{1000}{w} \frac{l_1 + l_2 + l_3}{l_3} \left(1 + \alpha \frac{w}{l_1}\right),$$

wo w — die angewandte Flüssigkeitsmenge,
l_1 — die Luftmenge in der Schüttelflasche
l_2 — die Luftmenge in den Gebläseteilen
l_3 — die Luftmenge in der Zerstreuungskammer

und α der im Wasser gelöst verbliebene Bruchteil der Emanation bedeutet. Für α benutzen wir — einigermaßen willkürlich — den für Radiumemanation bei Zimmertemperatur experimentell bestimmten Wert 0,25 [1]).

Es ergibt sich:

$$a = \frac{1000}{500} \cdot \frac{1110 + 160 + 1000}{1000} \left(1 + 0{,}25 \cdot \frac{500}{1110}\right) = 5{,}11.$$

Der elektrische Strom i, welcher von der in 1 l Flüssigkeit enthaltenen Emanation nebst ihren Zerfallprodukten unterhalten wird, beträgt

$$i = \frac{C \cdot a \cdot V}{300}$$ elektrostatische Einheiten [2]).

In unserem Falle ist

$$i = \frac{6{,}30 \cdot 5{,}11 \cdot 0{,}043}{300} = 0{,}0046 \text{ E. S. E.}$$

oder 4,6 Macheeinheiten für die in 1000 ccm Schlamm-Wassermischung, bzw. 4,6 $\times$ 2 = 9,2 M. E für 1 l Schlamm. Diese Zahl ist noch zu korrigieren für die Abhängigkeit des Sättigungsstromes von der Form der zylindrischen Zerstreuungskammer; der Faktor beträgt nach Duane [3])

$$F = \frac{1}{1 - 0{,}52 \frac{o}{v}}$$

wo o die innere Fläche der Zerstreuungskammer in qcm, und v deren Inhalt in ccm bedeuten; für unseren Apparat ergab sich:

---

[1]) A. Stähler, Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie, Bd, III, S. 1095. Leipzig 1914.

[2]) Hierin ist C die Kapazität des Elektrometers in cm, V der Voltabfall in der Sekunde; $\frac{V}{300}$ ist der Spannungsabfall in elektrostatischem Maas, denn 300 Volts gleichen einer elektrostatischen Spannungseinheit.

[3]) A. Stähler, l. c. S. 1093.

$$F = \frac{1}{1 - 0{,}52 \cdot \frac{600}{1000}} = 1{,}43,$$

und somit die Aktivität von 1 l Schlamm zu 9,2. 1,43 = 13,2 M. E.

III. Über die Natur der Strahlung.

Die estländischen Heilschlämme sind, soweit bekannt, gleicher biologischer und geologischer Herkunft. Es wurden daher vorläufig nur mit Schlammproben einer Fundstätte Abklingungsversuche angestellt, um festzustellen, ob unsere Heilschlämme Thorium- oder Radiumemanation enthalten.

Falls in dem auf Fig. 1 graphisch dargestellten Versuche nur die reine Emanation und nicht auch die Zerfallsprodukte (aktive Niederschläge) im Zerstreuungszylinder zur Wirkung kämen, so hätten wir es mit einer Strahlung zu tun, die, wie aus der graphischen Darstellung zu entnehmen ist, eine Halbwertszeit von 12 Minuten besitzt. Aus dem schnellen Abklingen wäre auf die Anwesenheit von Th-Emanation im Schlamme zu schließen; ob diese Emanation tatsächlich die Aktivität verursacht, mußte durch besondere Versuche dargetan werden, bei denen der Einfluß aktiver Beschläge (Th A bis D) möglichst auszuschalten war. Bei diesbezüglichen Versuchen mit 4 frischen Schlammproben der Hapsaler kleinen Wiek wurde das Elektroskop ununterbrochen mehrere Stunden einem mit der Emanation des Schlammes beladenen Luftstrom ausgesetzt, so daß wohl anzunehmen war, daß der Zerstreuungsstift und die Wandungen der Kammer mit aktiven Niederschlägen bedeckt waren. Meerwasser, das bei früheren Versuchen nahezu inaktiv war (Aktivität 0,3—0,7 M. E. im Liter), zeigte mit der derart vorbehandelten Zerstreuungskammer Aktivitäten von 3 bis 8 M. E. pro Liter.

Vor dem unten beschriebenen Versuche Nr. 84 wurde die Aktivität des Wassers experimentell bestimmt; es ergab sich (Versuch Nr. 83):

der Spannungsabfall . . .	22,0	13,8	5,5 mv/sec
als nach dem Einblasen . .	1,3	4,9	11,0 Min.

verflossen waren. Hieraus ergibt sich bei graphischer Extrapolation für 0 Min. h = 27 mv/sec.

Sofort nach dieser Prüfung wurde die Abklingungskurve einer Mischung von Schlamm und Wasser derselben Herkunft bestimmt. Es ergab sich (in Versuch Nr. 84):

der Spannungsabfall[1]) in mv/sec	55,8	37,8	20,7	10,8	10,3	7,8	6,5
Mittlere Zeit seit dem Einblasen in Minuten . .	0,8	2,4	4,2	6,1	8,6	11,4	13,5

Diese experimentell ermittelten Punkte lassen sich in dem von uns benutzten Koordinatensystem nicht auf e i n e Gerade bringen, aber können, wie Fig. 2 zeigt, auf 2 sich schneidenden Geraden untergebracht werden.

---

[1]) O h n e Korrektion auf die Aktivität des Wassers.

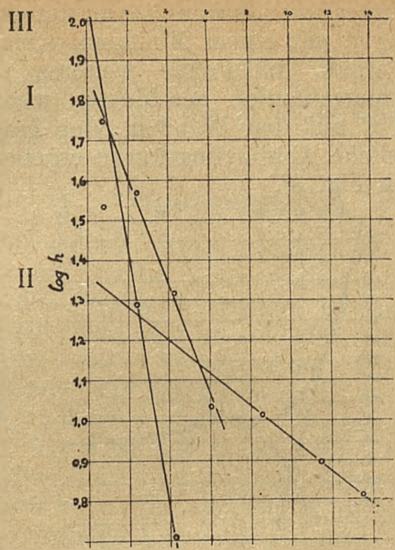


Fig. 2

Auf diesen Geraden schneidet II die Ordinatenaxe bei h = 23,5 mv/sec, d. h. nahezu demselben Werte, den wir im Versuch Nr. 83 für die scheinbare Restaktivität desselben Wassers ermittelt hatten. Werden nun die h-Werte dieser scheinbaren Restaktivität (also die Numeri der Ordinaten des links gelegenen Teiles der Geraden II) von den korrespondierenden h-Werten zu Beginn des Versuches (Numeri der Ordinaten der Geraden I) in Abzug gebracht, so ergeben sich Zerstreuungs-Werte der Geraden III, die ausschließlich durch die schnell abklingende Komponente unseres Schlammes verursacht sind. Für f = o Min., wurde so h zu 119 mv/sec ermittelt und die Halbwertszeit H, d. i. die Zeit, in welcher h auf die Hälfte seines Wertes fällt (oder log h um 0,301 abnimmt) zu 0,91 Min.

In 3 anderen Versuchen wurde H gleich 0,86; 0,80; 0,90 Min. gefunden, ohne im Mittel aus 4 Versuchen zu 0,87 — 0,04 Min., = 52 Sekunden, in befriedigender Übereinstimmung mit den in der Literatur angegebenen [1]) Halbwertzeichen für Thoriumemanation.

Diese Übereinstimmung ist um so bemerkenswerter, als eine unserer Berechnung zugrunde gelegte Voraussetzung, daß nämlich während der ganzen Versuchsdauer in der ionisierenden Wirkung der Zerfallsprodukte der Emanation ein stationärer Zustand erhalten bleibt, wohl kaum streng zutreffen dürfte.

Wir behalten uns vor, in einer unserer nächsten Arbeiten der Frage näher zu treten, ob im Schlamm außer der Thoriumemanation und ihren Zerfallsstoffen noch andere aktive Stoffe vorliegen. Wir

---

[1]) Nach P. B. Perkins, Phil. Mag. **27**, 720 (1914), ist H = 54,53 Sek.; frühere Forscher finden 51 — 54 Sekunden, s. P. Curie, l. c. Bd. I, S. 203 u. 204.

möchten aber nicht unterlassen, schon hier zu unterstreichen, daß aus einer Abklingungskurve mit einem Minimum, etwa wie sie sich im Versuch Nr. 164 ergab, nicht ohne weiteres auf ein Gemisch von Ra- und Thoriumemanation geschlossen werden dürfte. Ein Belag von Thorium C auf den Wänden der Zerstreuungskammer würde z. B. eine ähnliche Abklingungskurve ergeben, wie die mit III bezeichnete Kurve in Fig. 3[1].)

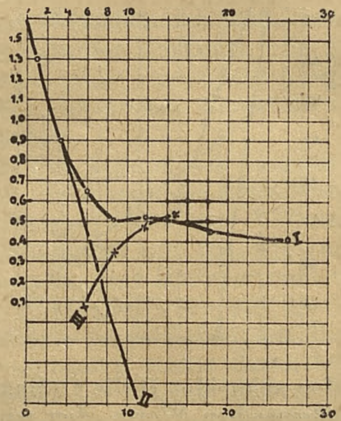


Fig. 3

Solange die Anwesenheit von Radiumemanation im Schlamme nicht durch besondere Versuche erwiesen ist, halten wir ihr Vorliegen im Schlamme für zweifelhaft und sehen als Träger der Aktivität eine Reihe von Gliedern der Thoriumfamilie an. Nicht nur die Thorium-Emanation nebst ihren Zerfallsprodukten, sondern auch Anfangsglieder der Thoriumreihe scheinen in einigen Schlämmen vorzuliegen; dafür spricht die in einigen, aber nicht in allen daraufhin untersuchten Fällen gemachte Beobachtung, daß durch Schütteln nachweislich inaktiv gemachte Schlammproben nach einiger Zeit wieder deutlich aktiv geworden waren

Der Umstand, daß die Aktivität unseres Schlammes vorwiegend durch seinen Gehalt an kurzlebiger Emanation bedingt wird, hat die Auswertung und Bearbeitung unserer Versuchsdaten sehr erschwert und uns zur zeitraubenden logarithmischen Extrapolation genötigt; wir haben daher bei weitem nicht alle unserer über 300 Einzelversuche für die vorliegende Arbeit verwerten können, sondern uns auf eine Auswahl beschränken müssen.

Für eine Reihe von Fundorten finden sich unten die Versuchsergebnisse in Macheeinheiten für 1 Liter Schlamm. Dieses Vergleichsmaß bezieht sich natürlich nur auf die Anfangsaktivität; wollten wir hieraus auf die gesamte im Laufe einer bestimmten Zeitspanne

[1]) Diese Kurve ist durch Zerlegung der Werte der experimentell festgelegten Kurve in 2 Komponenten erhalten worden; die erste Komponente ist durch die Kurve II, die zweite durch Kurve III gekennzeichnet. Die Zerlegung wurde graphisch, ähnlich dem auf S. 143 geschilderten Falle, ausgeführt. Vgl. H. W. Schmidt und K. Kurz, Phys. ZS. 7, 213 (1906).

zur Wirkung gelangende radioaktive Energie schließen, so wäre die Gestalt der Abklingungskurve zu berücksichtigen. Es gäbe z. B. eine Thoriumemanationslösung von 100 M. E. Anfangsenergie in 10 Minuten ebensoviel Energie ab, wie in derselben Zeit eine Radiumemanationslösung von 13 M. E.

IV. Versuchsergebnisse.

Im folgenden geben wir einige Angaben über die Lagerstätten des Heilschlammes, auf Grund eigener Feststellungen und Nachprüfungen, sodann die Ergebnisse unserer Messungen an Ort und Stelle und im Laboratorium. Da die Fehler, mit welchen unsere Endresultate behaftet sind, in einzelnen Fällen bis 1 M. E. für 1 Liter Schlamm ansteigen dürften, so sehen wir alle Schlammproben mit geringerer Aktivität als inaktiv an. Es erübrigt sich wohl, darauf zu verweisen, daß unsere Zahlen keinesfalls als Konstanten anzusehen sind, die s t ä n d i g den Schlamm eines bestimmten Fundortes kennzeichnen. Es sind bloß diejenigen Maximalwerte aufgeführt, die unter unseren Versuchsbedingungen mit den entnommenen Proben zu erreichen waren. Welches die Mittelwerte für das ganze Jahr sind, oder wie diese Werte mit der Jahreszeit, Witterung, Luftdruck und anderen äußeren Umständen sich ändern, müßte durch ausgedehntere Versuche näher festgestellt werden. Auch wäre nicht außer acht zu lassen, daß in den seltensten Fällen der Schlamm eines Lagers homogen beschaffen ist; aus verschiedener Tiefe entnommene Proben wiesen in der Regel differierende Aktivitäten auf, ja Proben, die aus gleicher Tiefe im Abstand von einigen Metern entnommen waren, wichen in ihrer Aktivität bisweilen beträchtlich voneinander ab. Für beide Fälle finden sich unten einige Belege.

1. Die kleine Wiek bei Hapsal.

Die kleine Wiek (s. Fig. 4) ist eine etwa 0,2 qm einnehmende Meeresbucht im Weichbilde der Stadt Hapsal, die durch einen engen Kanal mit dem Meere in Verbindung steht. Der Schlamm deckt ungefähr $^1/_3$ der Bodenfläche, hauptsächlich im NW der Bucht, bei einer durchschnittlichen Schichtdicke von 20 cm. Stellenweise, so z. B. unweit des mit O 1 bezeichneten Ortes finden sich tiefere Bodenmulden, die bis zu mehreren m mit Schlamm gefüllt sind. Die gegenwärtig vorliegende Heilschlammenge dürfte etwa 10.000 t betragen. Es wäre jedoch verfehlt hieraus den Zeitpunkt bestimmen zu wollen, wann bei einem jährlichen Bedarf von etwa 1000 t die Lager erschöpft sein werden: der Schlamm wird ständig nachgebildet und in den örtlichen, nunmehr fast 100-jährigen Heilschlammkurenpraxis hat sich wohl bisweilen eine Knappheit, nie aber ein Mangel an nutzbarem Schlamm eingestellt.

Nach einer Privatmitteilung von Herrn Dr. med. M. v. H o e r s c h e l m a n n hat Herr Ing.-chem. K. S c h n e i d e r gelegentlich eine sehr geringe Radioaktivität des Schlammes nachweisen können.

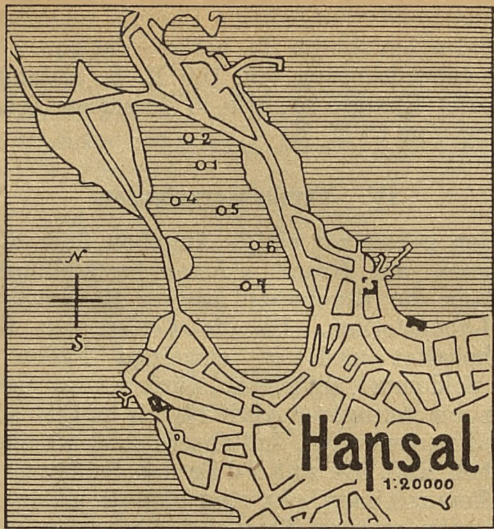


Fig. 4

Wir konnten unsere ersten Proben der kleinen Wiek im Frühling zu einer Zeit entnehmen, in welcher der Bucht noch kein Schlamm entnommen worden war. Dabei ließ sich eine bedeutend höhere Radioaktivität nachweisen, als in allen anderen, später entnommenen Proben. Ob es sich hier um einen uns unerklärlichen Zufall handelt, oder ob die Aktivität des Schlammes während der winterlichen Ruhezeit bedeutend wächst, wäre durch besonders anzustellende Versuche zu ergründen.

Zu verschiedenen Zeiten im Sommer 1922 entnommene Proben ergaben an Ort und Stelle

im Versuch	Nr. 29 (29. V)	13,2 M. E.
	Nr. 44 (10. VI)	7,1 M. E.

Zur Feststellung, ob innerhalb der Wiek die Aktivität des Schlammes von Fundort zu Fundort wechselt, wurden an ein und demselben Tage an mehreren Stellen — auf der Fig. 4 durch bezifferte Kreise angedeutet — Proben genommen und gleich geprüft. Es ergab sich:

im Versuch Nr. 84	Fundort 1	33,6 M. E.
85	2	22,5
87	5	20,3
86	7	15,4
88	6	3,7
89	4	0

Mit gestandenem Schlamm erhielten wir bei Laboratoriumsversuchen

im Versuch Nr. 164	35,5 M. E.
208	13,5 M. E.

2. Der Voose-Kanal.

In einer 7 km NW von Hapsal belegenen Meerenge zwischen dem Festlande und der Insel Ramsholm (s. Fig. 5), dem sogen. Voosekanal und der anliegenden Bucht befindet sich ein mächtiges, durchschnittlich 2 m dickes Schlammlager, das über 0,5 qkm deckt.



Fig. 5

Die entnommenen Proben differierten in ihrer Aktivität bedeutend; Schlamm von der Kanalmündung ergab

im Versuch	Nr. 41	0,0 M. E.
	Nr. 99	0,2 M. E.,

während im Kanal der Schlamm eine geringe Aktivität aufwies:

Versuch	Nr. 38	2,5 M. E.
	Nr. 98	1,8 M. E.

Für letzteren Schlamm ergab die Laboratoriumsprüfung

im Versuch	Nr. 276	3,2 M. E.
	Nr. 277	3,1 M. E.

3. Hapsaler Bucht.

Von den an verschiedenen Stellen der Hapsaler Bucht befindlichen untergeordneten Schlammlagern sind 2 auf ihre Aktivität geprüft worden. Das erste (I) ist etwa 8 km von Hapsal unweit der Mündung des Erjajõebaches, zwischen der Reinholdinsel und dem Festlande belegen, und nimmt kaum 0,2 ha ein. Die andere Fundstätte ist die Bucht Rannaküll, etwa 7 km östlich von Hapsal. Bei einer Dicke von 0,4 m nimmt das Lager eine Fläche von 0,5 ha ein. Beide Schlammfundstätten werden von den Ortseinwohnern zu Heilzwecken ausgebeutet. Beide Lager bergen Schlamm von geringer Aktivität; an Ort und Stelle ergab sich:

Fundort	I	Versuch	Nr. 52	1,9 M. E.
	II		Nr. 53	0,8 M. E.

Die letztere Probe wies bei längerem Stehen im Laboratorium ein geringes Anwachsen der Aktivität auf; so wurden gemessen:

am 17. Juli,	Versuch Nr.	154	0,5 M. E.
18. Aug.		254	2,1 M. E.
22. Aug.		285	2,3 M. E.

Nähere Angaben über die Zusammensetzung und Eigenschaften der Hapsaler Heilschlämme finden sich in einer unlängst erschienenen Broschüre von Dr. H. Alwer.[1])

4. Die Insel Worms.

An der Küste von Worms sind 2 Schlammlager geprüft worden. Das erste befindet sich 1 km nördlich vom Dorfe Dyby in der Bucht und im Sunde, und deckt in 0,2 m dicker Schicht etwa 0,5 qkm. Das zweite Schlammlager befindet sich im Süden der Insel, etwa 1 km vom Dorfe Swiby; in 0,5 m dicker Schicht decken dort die Ablagerungen 2 ha. Letztere Fundstätte wird von den Ortseinwohnern zu Heilzwecken ausgebeutet.

Eine Schlammprobe von Dyby war deutlich aktiv:

Versuch Nr. 50 — 2,8 M. E.

Beim Nachprüfen der abgestandenen Proben im Laboratorium wurden jedoch immer geringere Aktivitäten gefunden, so im

Versuch Nr. 158 — 1,6 M. E.
286 — 1,4 M. E.

Mit Schlamm von Swiby konnte an Ort und Stelle keine Aktivität nachgewiesen werden (Versuche Nr. 46 und 47); beim Prüfen im Laboratorium ergab sich:

im Versuch Nr. 281 — 0,5 M. E.
Versuch Nr. 282 — 1,8 M. E.

5. Arensburger große Wiek.

4 km NW der Stadt befindet sich in der sogen. großen Wiek — einem durch ein 3 km langes Flüßchen mit dem Meere kommunizierenden See — das mächtigste Schlammlager Estlands; hier deckt der Schlamm in 2 m Dicke etwa 2 qkm. Im Aussehen weicht der Arensburger Schlamm bedeutend von anderen estländischen Heilschlämmen ab: er ist heller, zerfällt beim Entnehmen aus dem Wasser in kleine Stückchen, die zu einer dünnen, grauen breiartigen Masse zusammenfließen; am Körper haftet der Schlamm weniger, als andere estländische Heilschlämme. Nähere Angaben über Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften des Arensburger Schlammes sind in den Ausgaben der Badeverwaltung und einem Artikel von Dr. med. H. Arronet zu finden.[2])

Der Arensburger Schlamm ist einer der wenigen estländischen Heilschlämme, über dessen Aktivität Literaturangaben vorliegen. Die Zahlenangaben von Prof. J. Borgmann[3]) für Arensburger und Hapsaler Heilschlamm sind bei Unkenntnis der Konstanten seiner Apparatur mit einer gewissen Annäherung auf einem Umwege auswertbar. Prof. A. Sokolow hat nämlich zwei von den durch I. Borgmann gleichzeitig mit Arensburger Schlamm untersuchten

---

[1]) Dr. H. Alwer. Eesti kuurort Haapsalu. Hapsal 1922.

[2]) Dr. H. Arronet, Über Schlammbäder und Radioaktivität. St. Petersburger Medizinische Wochenschrift, **30**, 443 — 447 (1905).

[3]) Ж. Р. Ф. О. физ. часть: 37, 73 (1905).

südrussischen Heilschlämmen — den Schlamm von Berdjänsk und von Kuljanizki Liman — in einem Apparat nach H. Geitel mit Fango verglichen, und gibt zugleich die Konstanten seines Elektroskops an. Den angeführten Arbeiten entnehmen wir folgende Mittelwerte:

I. Sokolow: Zertreuung in Volts pro Stunde .	0,7	7,0
II. Borgmann: Elektrometerabfall in Skalenteilen pro Minute	0,95	8,5
Das Verhältnis I : II errechnet sich zu	0,74	0,82
im Mittel . . .	0,78.	

Der von J. Borgmann ermittelte Zerstreuungswert für Arensburger Schlamm — 4,15 Skalenteile pro Minute — entspräche im Apparat von J. Sokolow, unter den von letzterem eingehaltenen Versuchsbedingungen, 3,2 Volts in der Stunde. Da der von A. Sokolow benutzte Apparat eine Kapazität C = 11,4 cm besaß, und auch der Durchmesser des mit Trockenschlamm gefüllten Tellers — 18 cm — bekannt ist, so kann, unter gewissen Voraussetzungen, der von J. Borgmann ermittelte Zerstreuungswert mit unseren Versuchsdaten verglichen werden.

Da $i = \frac{C.\ v.\ 1000\ .\ F}{300\ .\ 3600}$ M. E., wo C die Kapazität in cm, v der Voltabfall pro Stunde und F die Korrektion nach E. Duane ist, so ergäbe sich im Apparat von A. Sokolow, dessen Teller mit Arensburger Trockenschlamm vollständig bedeckt wäre, ein Sättigungsstrom von

$$\frac{3{,}2\ .\ 11{,}4\ .\ 1{,}167}{3600\ .\ 300} = 0{,}039 \text{ M. E.}$$

Bekanntlich [1]) ist für 1 gr radiumhaltigen Stoffes die Gesamtaktivität 675 mal größer, als die Aktivität der von 1 qcm desselben Stoffes, bezw. seines Oxydes, ausgehenden Strahlung. Wenn es statthaft wäre, auf den Trockenschlamm diese Zahlenbeziehung auszudehnen, so ergäbe sich für 1 gr Trockenschlamm ein Sättigungsstrom von

$$\frac{0{,}039.675}{255} = 0{,}10 \text{ M. E.},$$

also für die in 1 Liter Arensburger Heilschlamm enthaltenen 64 gr Trockensubstanz [2]) eine Gesamtstrahlung von 0,10.64 = 6,4 M. E., während wir bei unseren Versuchen bis 5,4 M. E. erhalten haben. Eine bessere Übereinstimmung war a priori nicht zu erwarten, da, wie schon gesagt, mehrere der Voraussetzungen, welche der Vergleichsrechnung zu Grunde liegen, nicht einwandfrei sind.

Der großen Wiek sind zweimal Proben entnommen, am 14. Juni und am 7. September; beide Versuchsreihen stimmten nicht überein.

---

[1]) Vgl. A. Stähler, l. c. S. 1138.
[2]) H. Arronet, l. c. S. 444.

Im Juni war eine deutliche Divergenz der Aktivität der oberen und der unteren Schicht nachzuweisen. Für die obere Schicht wurde ermittelt:

Versuch Nr. 57 0,3 M. E.
58 0,5 M. E.
59 0,4 M. E.

Für die untere Schicht

Versuch Nr. 61 3,2 M. E.
62 3,1 M. E.
64 3,1 M. E.

Beim Stehen im Laboratorium ergaben Proben der unteren Schicht

am 11. Juli, Versuch Nr. 279 5.4 M. E.
17. Juli, Versuch Nr. 156 3,6 M. E.
23. Aug., Versuch Nr. 292 0,7 M. E.

Im September entnommene Proben gaben für die obere Schicht,

Versuch Nr. 306 1,6 M. E.
untere Schicht, Versuch Nr. 308 1,0 M. E.
Nr. 309 1,0 M. E.

Ob der in der Versuchsreihe 279—292 beobachtete Gang der Experimentalwerte durch zeitlichen Verlauf der Spaltung aktiver Stoffe zu deuten wäre, müßte durch besonders anzustellende Versuche geklärt werden.

6. Ösel bei Kielkond.

Die Hauptlager befinden sich nördlich und südlich der Halbinsel Papisaar, in der Abajabucht etwa 1 km NW vom Gute Rootsiküll und in der Kirasaarbucht, südlich vom gleichnamigen Dorf. In der Mitte der Abajabucht deckt der Schlamm in bis zu 0,5 m dicker Schicht eine Fläche von etwa 0,2 qkm. In dickerer, etwa 1 m starker Schicht findet sich ein untergeordnetes Lager an der Rootsiküllschen Küste, unter Rummiku.

In der Kirasaarbucht sind mehrere untergeordnete Lager von 0,5—1 m Stärke vorhanden: so bei der Landzunge von Oitme etwa 1 ha, bei der Insel Sitiku — 2 ha und östlich der Insel Telwemaa 2 ha.

Der Heilschlamm von Kielkond findet nachweislich seit fast 100 Jahren Verwendung zu Heilzwecken. Die erste Schlammbadeanstalt auf Ösel ist 1824 in Rootsiküll, vom Besitzer des Gutes, F. Baron Buxhoeweden, erbaut worden. Vor dem Weltkriege wurde viel Schlamm nach Riga und Libau ausgeführt und mit dem Bau einer neuen Badeanstalt begonnen.

Auch der Schlamm von Kirasaar findet Anwendung zu Heilzwecken. Vor dem Weltkriege bestand im Bauernhof Kirasaar eine kleine Badeanstalt mit 3 Wannen.

Die Aktivität des Heilschlammes von Kielkond betrug an Ort und Stelle für

Schlamm von Rootsiküll, Versuch Nr. 253 1,1 M. E.
Kirasaar (bei Oitme) Versuch Nr. 71 1,3 M. E.

Bei längerem Stehen der Proben ging die Aktivität merklich zurück. Laboratoriumsversuche ergaben

a) für Schlamm von Rootsiküll, Versuch	Nr. 294	0,6 M. E.
	Nr. 304	0,3 M. E.
b) für Schlamm von Kirasaar, Versuch	Nr. 255	0,3 M. E.
	Nr. 293	0,3 M. E.

7. Dago.

Schlammlager sind an der nordöstlichen Küste von Dago, bei Tiefenhafen, und an der südöstlichen, bei Kassar, bekannt. Tiefenhafen ist eine etwa 2 ha große flache Meeresbucht, mit einer bis 1 m dicken Schlammschicht. Der Schlamm ist grau und sandig, und wird von der örtlichen Bevölkerung zu Heilzwecken benutzt.

Bei der Insel Kassar, 1 km vom Gute Waimel findet sich am Damm, der von Kasar nach Waimel führt, auf tonigem Untergrund bläulichgrauer Schlamm in etwa 0,3 m dicken Schicht. Der Schlamm einer weiteren Fundstätte (Wihasaar, 2 km vom Dorfe Kassar) ist nicht geprüft worden.

Beide Schlämme wiesen eine merkliche Anfangsaktivität auf, die aber eher zufälliger Natur sein dürfte, da sie bei längerem Stehen der Proben ganz bedeutend zurückging. An Ort und Stelle ergab sich für

Kassar, Versuch	Nr. 222	6,9 M. E.
Tiefenhafen, Versuch	Nr. 219	14,0 M. E.

Zwei Wochen im Laboratorium abgestandene Proben ergaben:

für Kassar, Versuch	Nr. 256	1,7 M. E.
	Nr. 290	2,1 M. E.
	Nr. 303	1,5 M. E.
für Tiefenhafen, Versuch	Nr. 248	1,9 M. E.
	Nr. 291	0,9 M. E.
	Nr. 302	0,3 M. E.

8. Die Matzalwiek.

Im Matzalbusen findet sich Schlamm an vielen Stellen, zur Untersuchung gelangten 2 Proben: die erste (I) etwa ¼ km vom Ufer unweit des Bauernhofes Haesko Tuulingi entnommen, die zweite (II) von der Untiefe „Weeoja soon“ mitten im Busen. Beide Proben waren von geringer Aktivität.

Frischer Schlamm ergab

Probe I, Versuch	Nr. 259	0,1 M. E.
II,	Nr. 257	0,1 M. E.

Nach 2—4 wöchentlichem Stehen im Laboratorium war die Aktivität vorübergehend ein wenig gestiegen; es wurde gefunden:

Probe I, Versuch	Nr. 289	2,2 M. E.
	Nr. 301	0,6 M. E.
Probe II, Versuch	Nr. 288	1,0 M. E.
	Nr. 300	0,2 M. E.

9. Pernau.

Der Pernauer Badeschlamm wird etwa 15 km westlich von Pernau am Ufer der Pernaubucht unweit des Gutes Saulep gewonnen. Zwischen Schilf befinden sich hier mehrere bis 5 m tiefe Lehmgruben mit einer Gesamtfläche von 0,1 ha, die mit schwarzem Schlamm, untermengt mit zersetzten Schilfstengeln, gefüllt sind.

Bemerkenswert ist, daß am Ufer der Fundstelle die Luft aktiver war, als an einer anderen der besuchten estländischen Schlammfundstätten; die „natürliche" Zerstreuung, betrug für unseren Apparat 6,2 mv/sec, während wir an anderen Fundstätten Werte zwischen 2 und 4 mv/sec gefunden haben.

Der Schlamm ergab an Ort und Stelle:

Versuch	Nr. 298	0,2 M. E.
	Nr. 299	0,4 M. E.
	Nr. 305	0,4 M. E.

Eine Probe gab nach 1 monatlichem Abstehen im Laboratorium:

Versuch	Nr. 323	0,6 E. M.
	Nr. 325	0,8 M. E.

V. Zusammenfassung.

Die untersuchten Schlämme lassen sich nach dem Wassergehalt, Volumgewicht, Gehalt an organischen Stoffen, Farbe und anderen Eigenschaften in mindestens 3 Gruppen gliedern, als deren Vertreter die Schlämme von Arensburg, Woose und Pernau anzusprechen wären.

Nach ihrer in unseren Versuchen ermittelten maximalen Aktivität, gemessen unmittelbar nach Entnahme der Proben, ergäbe sich pro 1 Liter Schlamm folgende Reihe; die zweite Spalte enthält die Maximalaktivitäten derselben Proben nach 2—4-wöchentlichem Stehen.

FUNDORT	Maximalaktivität in M. E. des frischen Schlammes	Maximalaktivität in M. E. des abgestandenen Schlammes
Hapsal, kleine Wiek	33,6	35,5
Dago, Tiefenhafen	14,0	1,9
Kassar	6,9	2,1
Arensburg	3,2	5,4
Worms	2.8	1,8
Hapsal, Woose	2,5	3,2
Hapsaler Bucht	1,9	2,3
Ösel, Kielkond	1,3	0,6
Pernau	0,4	0,8
Matzalbucht	0,1	2,2

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle beziehen sich auf Schlamm mit dem natürlichen Wassergehalt; bei Umrechnung auf Trockenschlamm können sich bedeutende Verschiebungen ergeben. Da z. B. der untersuchte Arensburger Schlamm 93,5% Wasser enthielt, die Proben aus der Hapsaler Wiek aber nur 79,8%, so ist die Gewichtseinheit des genannten Hapsaler Trockenschlamms etwa 2,1-mal aktiver, als Arensburger Trockenschlamm, während für wasserhaltige Proben sich aus der Tabelle das Verhältnis 35,5 : 5,4 = 6,7 ergibt.

Die Mittel zur Ausführung der vorliegenden Arbeit sind vom estländschen Handels- und Industrieministerium angewiesen worden, wofür wir dem Herrn Minister K. Ipsberg und den Abteilungschefs Herrn Ing. A. Lukk und Ing. J. Kark unseren verbindlichen Dank aussprechen. Ferner sind wir in tatkräftiger Weise von Ärzten, Stadtverwaltungen, Kommunalbehörden und Badeverwaltungen unterstützt worden; wir sprechen unseren Dank für die Hilfe aus, die uns auch von dieser Seite zuteil geworden ist.

(Am 26. II. 1923 in der Sektion für Naturkunde der Estl. Lit. Gesellsch. zu Reval vorgetragen.)

Druckfehlerberichtigungen.

Seite 10, Zeile 22 von oben × n statt × 2

„ 19, „ 26 „ „ Echinosphäritenkalk statt Echinospäritenkalk

„ 85, „ 40 „ „ Marchand „ (a. a. O) Marchaud

„ 86, „ 33 „ „ Keimgewebe „ Kleingewebe

„ 89, „ 38 „ „ Fluxoren „ Flexuren

„ 90, „ 10 u. 13 von oben Peritenonium „ Peritoneum

„ 90, „ 34 (Auslassung) mit der Umgebung verbackenen

„ 107, mehrfach: Stangenketten und Stangen statt Hangenketten und Hangen

„ 109, Zeiie 6 von oben: Bandflechtornament „ Landflechtornament

„ 111, „ 5 u. 16 von oben: Vhdl. „ Verbn.

„ 111, „ 9 von oben: Mexhof-Tarbia „ Mcxhof-Farbia

„ 111, „ 23 „ „ Passeln „ Parreln

„ 111, „ 6 von unten: Allschwangen „ Altschwangen.

Inhaltsverzeichnis von Bd. IX.

Heft 1—2:

Heft 3—6:

Heft 7—8:

Geschichte und Vorgeschichte.

Heft 9—10:

Naturwissenschaften.

Autorennamen.